

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-091999

(43)Date of publication of application : 31.03.2000

(51)Int.Cl.

H04B 10/152

H04B 10/142

H04B 10/04

H04B 10/06

H04B 10/28

H04B 10/26

H04B 10/14

(21)Application number : 10-259009

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 11.09.1998

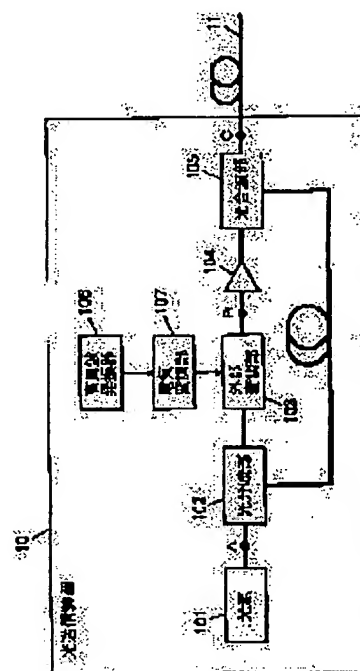
(72)Inventor : MASUDA KOICHI
SASAI HIROYUKI
MAEDA KAZUKI
FUSE MASARU
MORIKURA SUSUMU

(54) OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical transmission system that an optical modulation degree of an optical signal obtained through modulation is sufficiently increased to increase a signal power after photoelectric conversion at a receiver side even when power of an electric signal (a modulated high frequency signal) received by an external modulation section at a transmitter side is not so much increased.

SOLUTION: An external modulation section 103 applies intensity modulation to one optical obtained from two distributed signals by an optical branching section 102 with an output signal of an electric modulation section 107 (a modulated high frequency signal). The external modulation section 103 receives a bias voltage to minimize an optical power of its output signal to suppress a carrier component and outputs only a side band. An optical amplifier section 104 amplifies the output signal from the external modulation section 103. An optical multiplexing section 105 multiplexes an output signal from the optical amplifier section 104 and the other optical signal obtained through 2-distribution signals by the optical branching section 102.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.09.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-91999

(P2000-91999A)

(43) 公開日 平成12年3月31日 (2000.3.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	マークシート (参考)
H 0 4 B 10/152		H 0 4 B 9/00	L 5 K 0 0 2
10/142			Y
10/04			
10/06			
10/28			

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-259009

(22) 出願日 平成10年9月11日 (1998.9.11)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 増田 浩一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 笹井 裕之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100098291

弁理士 小笠原 史朗

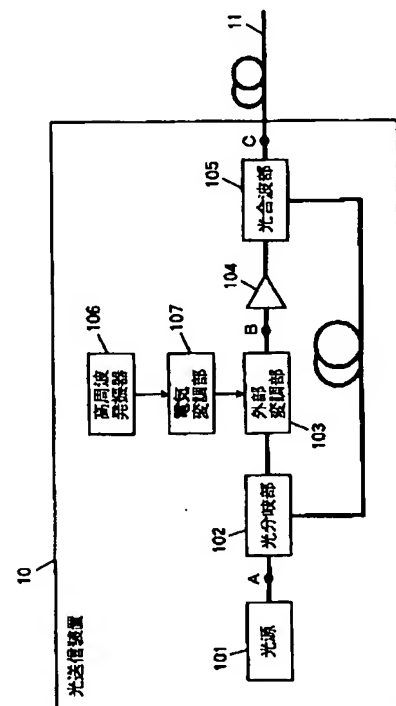
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 送信側で外部変調部へ入力する電気信号 (変調された高周波信号) の電力をそれほど大きくしなくても、変調して得られる光信号の光変調度を十分に上げることができ、その結果、受信側での光電気変換後の信号電力を大きくすることができるような光伝送システムを提供する。

【解決手段】 外部変調部103は、光分岐部102が2分岐して得られる一方の光信号を、電気変調部107の出力信号 (変調された高周波信号) で強度変調する。外部変調部103には、その出力信号の光パワーが最小となるようなバイアス電圧が加えられており、そのため、搬送波成分が抑圧されて外部変調部103からは側波帯のみが出力される。光増幅部104は、外部変調部103の出力信号を増幅する。光合波部105は、光増幅部104の出力信号と、光分岐部102が2分岐して得られる他方の光信号とを合波する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 変調された高周波信号を光伝送する光伝送システムであって、

送信側には、

光源、

前記光源から出力される光信号を2分岐する光分岐部、

高周波発振器、

前記高周波発振器から出力される高周波信号を、伝送すべき電気信号で変調する電気変調部、

その出力信号の光パワーが最小となるようなバイアス電圧が加えられており、前記光分岐部が2分岐して得られる一方の光信号を、前記電気変調部の出力信号で強度変調する外部変調部、

前記外部変調部の出力信号を増幅する光増幅部、および前記光増幅部の出力信号と、前記光分岐部が2分岐して得られる他方の光信号とを合波する光合波部を備える、光伝送システム。

【請求項2】 受信側には、

前記合波部の出力信号から搬送波成分、上側波帯および下側波帯を抽出して、当該上側波帯および当該下側波帯のうち一方の側波帯と、他方の側波帯および当該搬送波成分とに分離する光分離部、

前記一方の側波帯を光電気変換する第1の光電気変換部、および前記他方の側波帯および前記搬送波成分を光電気変換する第2の光電気変換部を備える、請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項3】 前記光分離部は、前記一方の側波帯を透過させ、かつ前記他方の側波帯および前記搬送波成分を反射するようなファイバグレーティングを含む、請求項2に記載の光伝送システム。

【請求項4】 前記光分離部は、前記一方の側波帯を反射し、かつ前記他方の側波帯および前記搬送波成分を透過させるようなファイバグレーティングを含む、請求項2に記載の光伝送システム。

【請求項5】 前記光増幅部は、その出力信号の光パワーが前記他方の光信号のパワーを超えないような増幅率を有することを特徴とする、請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項6】 前記光増幅部は、その出力信号の光パワーが前記他方の光信号のパワーと一致するような増幅率を有することを特徴とする、請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項7】 変調された高周波信号を光伝送する光伝送システムであって、

送信側には、

光源、

前記光源から出力される光信号を3分岐する光分岐部、

高周波発振器、

前記高周波発振器から出力される高周波信号を、伝送すべき電気信号で変調する電気変調部、

その出力信号の光パワーが最小となるようなバイアス電圧が加えられており、前記光分岐部が3分岐して得られる第1の光信号を、前記電気変調部の出力信号で強度変調する外部変調部、

前記外部変調部の出力信号を増幅する光増幅部、

前記増幅部の出力信号から上側波帯および下側波帯を抽出・分離する光分離部、

前記上側波帯と、前記光分岐部が3分岐して得られる第2の光信号とを合波する光合波部、および前記下側波帯と、前記光分岐部が3分岐して得られる第3の光信号とを合波する光合波部を備える、光伝送システム。

【請求項8】 前記光分離部は、前記上側波帯および前記下側波帯のうち一方の側波帯を透過させ、かつ他方の側波帯を反射するようなファイバグレーティングを含む、請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項9】 前記光増幅部は、その出力信号の光パワーが前記第2の光信号のパワーおよび前記第3の光信号のパワーの和を超えないような増幅率を有することを特徴とする、請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項10】 前記光増幅部は、その出力信号の光パワーが前記第2の光信号のパワーおよび前記第3の光信号のパワーの和と一致するような増幅率を有することを特徴とする、請求項7に記載の光伝送システム。

【請求項11】 変調された高周波信号を光伝送する光伝送システムであって、

送信側には、

光源、

前記光源から出力される光信号を2分岐する光分岐部、

高周波発振器、

前記高周波発振器から出力される高周波信号を、伝送すべき電気信号で変調する電気変調部、

その出力信号の光パワーが最小となるようなバイアス電圧が加えられており、前記光分岐部が2分岐して得られる一方の光信号を、前記電気変調部の出力信号で強度変調する外部変調部、

前記外部変調部の出力信号を増幅する光増幅部、

前記増幅部の出力信号から上側波帯および下側波帯を抽出・分離する光分離部、および前記上側波帯および前記下側波帯のうち一方の側波帯と、前記光分岐部が2分岐して得られる他方の光信号とを合波する光合波部を備え、

受信側には、

前記上側波帯および前記下側波帯のうち他方の側波帯を光電気変換する第1の光電気変換部、および前記合波部の出力信号を光電気変換する第2の光電気変換部を備える、光伝送システム。

【請求項12】 前記光分離部は、前記上側波帯および前記下側波帯のうち一方の側波帯を透過させ、かつ他方の側波帯を反射するようなファイバグレーティングを含む、請求項11に記載の光伝送システム。

【請求項13】 前記光増幅部は、前記一方の側波帯の光パワーが前記他方の光信号のパワーを超えないような増幅率を有することを特徴とする、請求項11に記載の光伝送システム。

【請求項14】 前記光増幅部は、前記一方の側波帯の光パワーが前記他方の光信号のパワーと一致するような増幅率を有することを特徴とする、請求項11に記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝送システムに関し、より特定のには、変調された高周波信号（特に、ミリ波帯の信号）を光伝送するサブキャリア光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】マイクロ波帯、ミリ波帯など、高周波帯の高周波信号を光伝送するサブキャリア光伝送システムで用いられる光変調方式としては、直接変調方式、外部変調方式の2通りの方式がある。ミリ波帯の高周波信号には、外部変調方式を用いるのが一般的なもので、ここでは、外部変調方式を用いたシステムについて説明する。なお、サブキャリア光伝送については、例えば、"Microwave and millimeter-wave fiber optic technologies for subcarrier transmission systems" (Hiroyo Ogawa, IEICE Transactions on Communications, vol. E76-B, No. 9, pp1078-1090, September, 1993) に詳しく記述されている。

【0003】外部変調方式を用いた従来の光伝送システムを、図9に示す。図9において、従来の光伝送システムは、光送信装置90および光受信装置92を備えている。光送信装置90と光受信装置92とは、光ファイバ91を介して接続されている。光送信装置90は、光源901、外部変調部902、高周波発振器903、電気変調部904、高周波増幅部905を含む。光受信装置92は、光電気変換部を含む。以下には、上記のように構成された従来の光伝送システムにおいて、光送信装置90から光受信装置92へ、光ファイバ91を通じて光信号が伝送される様子を説明する。光送信装置90では、高周波信号（副搬送波）が高周波発振器903によって出力され、その高周波信号が電気変調部904において伝送されるべき電気信号で変調される。そして、高周波増幅部905により所望のレベルまで増幅され、外部変調部902に入力される。一方、高周波信号を搬送するための光信号（主搬送波）が光源901から出力され、外部変調部902に与えられる。外部変調部902は、入力された高周波信号に応じて、与えられた光信号

を強度変調する。このとき、外部変調部902には、図10に示すように、そこからの光出力が最大出力の半値となるようなバイアス電圧が加えられており、外部変調部902は、その電圧を基準点として強度変調動作を行う（この電圧を、外部変調部902の動作点と呼ぶ）。そうすることによって、外部変調部902の光出力特性が最も線形に近くなるからである。このようにして変調された光信号は、光ファイバ91中を伝搬して、光受信装置92へと到達する。光受信装置92では、到達した光信号は、光電気変換部921によって光電気変換される。これにより、受信側では、光信号の強度変調成分として、高周波信号を得ることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記従来の光伝送システムにおいて高周波帯（特に、ミリ波帯）の信号を光伝送する場合、光電気変換後の信号電力を大きくするには、光電気変換部921に与える光信号の光変調度を上げるか、またはその光信号の光パワーを大きくする必要がある。図11に、光電気変換部921に与える光信号の光変調度と光電気変換後の信号電力との関係を、また、図12に、光電気変換部921に与える光信号の光パワーと光電気変換後の信号電力との関係を示す。図11、12からわかるように、光信号の光変調度を上げるほど、また、光信号の光パワーを大きくするほど、光電気変換後の信号電力は大きくなる。

【0005】しかしながら、光電気変換部921には、入力可能な光パワーの最大値が存在するので、その値以上大きなパワーの光信号を入力することはできない。

【0006】一方、光信号の光変調度を上げるには、外部変調部902への入力信号（変調された高周波信号）のレベルを大きくすればよい。参考のため、図13に、外部変調部902への入力信号のレベルと、そこから出力される光信号の光変調度との関係を示す。ところが、入力信号のレベルを大きくしようとすれば、その前段の高周波増幅部905が、高飽和点という厳しい条件を満足するハイスペックなものでなければならない。

【0007】それゆえに、本発明の目的は、送信側で外部変調部へ入力する電気信号（変調された高周波信号）の電力をそれほど大きくしなくても、変調して得られる光信号の光変調度を十分に上げることができ、その結果、受信側での光電気変換後の信号電力を大きくすることができるような光伝送システムを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の発明は、変調された高周波信号を光伝送する光伝送システムであって、送信側には、光源、光源から出力される光信号を2分岐する光分岐部、高周波発振器、高周波発振器から出力される高周波信号を、伝送すべき電気信号で変調する電気変調部、その出力信号の光パワーが最小

10

20

30

40

50

となるようなバイアス電圧が加えられており、光分岐部が2分岐して得られる一方の光信号を、電気変調部の出力信号で強度変調する外部変調部、外部変調部の出力信号を増幅する光増幅部、および光増幅部の出力信号と、光分岐部が2分岐して得られる他方の光信号とを合波する光合波部を備えている。

【0009】上記第1の発明では、外部変調部から側波帯のみが出力されるので、側波帯を選択的に増幅することができる。従って、外部変調部へと入力する電気信号（変調された高周波信号）の電力をそれほど大きくしな

くても、光増幅部の増幅率を高くすることによって、搬送波成分のパワーと側波帯のパワーとの比で定義される光変調度を十分に上げることができ、その結果、受信側での光電気変換後の信号電力を大きくすることができる。

【0010】第2の発明は、第1の発明において、受信側には、合波部の出力信号から搬送波成分、上側波帯および下側波帯を抽出して、当該上側波帯および当該下側波帯のうち一方の側波帯と、他方の側波帯および当該搬送波成分とに分離する光分離部、一方の側波帯を光電気変換する第1の光電気変換部、および他方の側波帯および搬送波成分を光電気変換する第2の光電気変換部を備えている。

【0011】上記第2の発明によれば、高周波信号とベースバンド信号との同時伝送が可能となる。

【0012】第3の発明は、第2の発明において、光分離部は、一方の側波帯を透過させ、かつ他方の側波帯および搬送波成分を反射するようなファイバグレーティングを含んでいる。

【0013】第4の発明は、第2の発明において、光分離部は、一方の側波帯を反射し、かつ他方の側波帯および搬送波成分を透過させるようなファイバグレーティングを含んでいる。

【0014】上記第3または第4の発明によれば、上側波帯および下側波帯のうち一方の側波帯と、他方の側波帯および搬送波成分との分離を容易に行える。

【0015】第5の発明は、第1の発明において、光増幅部は、その出力信号の光パワーが他方の光信号のパワーを超えないような増幅率を有することを特徴としている。

【0016】上記第5の発明によれば、光信号の光変調度が100%を超えないので、光電気変換時クリッピングが生じて、得られる電気信号の特性が劣化することがなくなる。

【0017】第6の発明は、第1の発明において、光増幅部は、その出力信号の光パワーが他方の光信号のパワーと一致するような増幅率を有することを特徴としている。

【0018】上記第6の発明によれば、光信号の光変調度がちょうど100%となるので、光信号を光電気変換

したとき、特性劣化のない電気信号としては最も電力の大きい電気信号が得られる。

【0019】第7の発明は、変調された高周波信号を光伝送する光伝送システムであって、送信側には、光源、光源から出力される光信号を3分岐する光分岐部、高周波発振器、高周波発振器から出力される高周波信号を、伝送すべき電気信号で変調する電気変調部、その出力信号の光パワーが最小となるようなバイアス電圧が加えられており、光分岐部が3分岐して得られる第1の光信号を、電気変調部の出力信号で強度変調する外部変調部、外部変調部の出力信号を増幅する光増幅部、増幅部の出力信号から上側波帯および下側波帯を抽出・分離する光分離部、上側波帯と、光分岐部が3分岐して得られる第2の光信号とを合波する光合波部、および下側波帯と、光分岐部が3分岐して得られる第3の光信号とを合波する光合波部を備えている。

【0020】上記第7の発明によれば、外部変調部から側波帯のみが出力されるので、側波帯を選択的に増幅することができる。従って、外部変調部へと入力する電気信号（変調された高周波信号）の電力をそれほど大きくしな

くても、光増幅部の増幅率を高くすることによって、搬送波成分のパワーと側波帯のパワーとの比で定義される光変調度を十分に上げることができ、その結果、受信側での光電気変換後の信号電力を大きくすることができる。また、上側波帯と下側波帯とを別々に伝送することができるので、光ファイバ中を伝搬する両側波帯の位相が互いに反転して受光時に信号が消滅する不都合がなくなる。

【0021】第8の発明は、第7の発明において、光分離部は、上側波帯および下側波帯のうち一方の側波帯を透過させ、かつ他方の側波帯を反射するようなファイバグレーティングを含んでいる。

【0022】上記第8の発明によれば、上側波帯と下側波帯との分離を容易に行える。

【0023】第9の発明は、第7の発明において、光増幅部は、その出力信号の光パワーが第2の光信号のパワーおよび第3の光信号のパワーの和を超えないような増幅率を有することを特徴としている。

【0024】上記第9の発明によれば、光信号の光変調度が100%を超えないので、光電気変換時クリッピングが生じて、得られる電気信号の特性が劣化することがなくなる。

【0025】第10の発明は、第7の発明において、光増幅部は、その出力信号の光パワーが第2の光信号のパワーおよび第3の光信号のパワーの和と一致するような増幅率を有することを特徴としている。

【0026】上記第10の発明によれば、光信号の光変調度がちょうど100%となるので、光信号を光電気変換したとき、特性劣化のない電気信号としては最も電力の大きい電気信号が得られる。

【0027】第11の発明は、変調された高周波信号を光伝送する光伝送システムであって、送信側には、光源、光源から出力される光信号を2分岐する光分岐部、高周波発振器、高周波発振器から出力される高周波信号を、伝送すべき電気信号で変調する電気変調部、その出力信号の光パワーが最小となるようなバイアス電圧が加えられており、光分岐部が2分岐して得られる一方の光信号を、電気変調部の出力信号で強度変調する外部変調部、外部変調部の出力信号を増幅する光増幅部、増幅部の出力信号から上側波帯および下側波帯を抽出・分離する光分離部、および上側波帯および下側波帯のうち一方の側波帯と、光分岐部が2分岐して得られる他方の光信号とを合波する光合波部を備え、受信側には、上側波帯および下側波帯のうち他方の側波帯を光電気変換する第1の光電気変換部、および合波部の出力信号を光電気変換する第2の光電気変換部を備えている。

【0028】上記第11の発明によれば、外部変調部から側波帯のみが出力されるので、側波帯を選択的に増幅することができる。従って、外部変調部へと入力する電気信号（変調された高周波信号）の電力をそれほど大きくしなくても、光増幅部の増幅率を高くすることによって、搬送波成分のパワーと側波帯のパワーとの比で定義される光変調度を十分に上げることができ、その結果、受信側での光電気変換後の信号電力を大きくすることができる。また、上側波帯と下側波帯とを別々に伝送することができるので、光ファイバ中を伝搬する両側波帯の位相が互いに反転して受光時に信号が消滅する不都合がなくなる。さらには、高周波信号とベースバンド信号との同時伝送が可能となる。

【0029】第12の発明は、第11の発明において、光分離部は、上側波帯および下側波帯のうち一方の側波帯を透過させ、かつ他方の側波帯を反射するようなファイバグレーティングを含んでいる。

【0030】上記第12の発明によれば、上側波帯と下側波帯との分離を容易に行える。

【0031】第13発明は、第11の発明において、光増幅部は、一方の側波帯の光パワーが他方の光信号のパワーを超えないような増幅率を有することを特徴としている。

【0032】上記第13の発明によれば、光信号の光変調度が100%を超えないので、光電気変換時クリッピングが生じて、得られる電気信号の特性が劣化することがなくなる。

【0033】第14発明は、第11の発明において、光増幅部は、一方の側波帯の光パワーが他方の光信号のパワーと一致するような増幅率を有することを特徴としている。

【0034】上記第14の発明によれば、光信号の光変調度がちょうど100%となるので、光信号を光電気変換したとき、特性劣化のない電気信号としては最も電力

の大きい電気信号が得られる。

【0035】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

（第1の実施形態）図1は、本発明の第1の実施形態に係る光送信装置の構成を示すブロック図である。図1において、光送信装置10は、光源101、光分岐部102、外部変調部103、光増幅部104、光合波部105、高周波発振器106、電気変調部107を備えている。なお、光送信装置10は、光ファイバ11を介して光受信装置（図示せず）と接続されており、光受信装置へ、光ファイバ11を通じて光信号を送信する。

【0036】光源101は、光信号を出力する。光分岐部102は、光信号を2分岐する。高周波発振器106は、高周波信号を出力する。電気変調部107は、高周波信号を電気信号で変調する。外部変調部103は、光分岐部102が2分岐して得られた一方の光信号を、変調された高周波信号で変調する。光増幅部104は、変調された光信号を増幅する。光合波部105は、光分岐部102が2分岐して得られた他方の光信号と、増幅された光信号とを合波する。

【0037】図2は、図1の光送信装置10において、A～Cの各点を伝送される光信号のスペクトラムを示す模式図である。以下、上記のように構成された光送信装置10が光信号を送信する動作を、図2を用いて説明する。光送信装置10において、最初、高周波発振器106から高周波信号（副搬送波）が出力され、伝送されるべきベースバンド信号である電気信号と共に、電気変調部107に与えられる。電気変調部107は、与えられた高周波信号を電気信号で変調する。こうして変調された高周波信号が、外部変調部103に与えられる。

【0038】一方、光源101から、図2（1）に示すようなスペクトラムを持つ光信号（主搬送波）が出力される。周波数 f_c において搬送波成分を有する光信号は、光分岐部102によって2分岐され、得られた一方の光信号が外部変調部103に、他方の光信号は光合波部105に与えられる。外部変調部103は、与えられた一方の光信号を、変調された高周波信号で強度変調する。

【0039】外部変調部103には、その光出力が最小となるようなバイアス電圧が加えられており、外部変調部103は、その電圧を基準（振幅の中心）として強度変調動作を行う（この電圧を、外部変調部103の動作点と呼ぶ）。図3に外部変調部103の動作点を示す。このとき、外部変調部103の出力は、図2（2）に示すようなスペクトラムを持つ光信号となる。すなわち、外部変調部103によって変調された光信号では、上記の搬送波成分が抑圧され、その左右（すなわち、 f_c より高い周波数および f_c より低い周波数）においてそれぞれ側波帯が生じている。これら各側波帯を、上側波

帯、下側波帯と呼ぶ。

【0040】外部変調部103から出力された光信号は、光増幅部104によって増幅された後、光合波部105へと入力される。光合波部105は、光増幅部104を通じて入力された光信号と、光分岐部102から与えられた上記他方の光信号とを合波して、光ファイバ11中に送出する。このとき、光合波部105の出力は、図2(3)に示すようなスペクトラムを持つ光信号となる。すなわち、光送信装置10から送信される光信号には、上記の搬送波成分と増幅された両側波帯とが含まれている。こうして光送信装置10から送信された光信号は、光ファイバ11中を伝搬して光受信装置へと到達する。光受信装置では、到達した光信号を光電気変換する処理が行われる。

【0041】以上のように、光送信装置10では、外部変調部103の動作点を図3の位置に設定することにより、搬送波成分を抑圧して外部変調部103から側波帯のみが出力されるようにしている。そうすることによって、側波帯を選択的に増幅することができるようになり、その結果、搬送波成分のパワーと側波帯のパワーとの比で定義される光変調度を上げることができる。従って、従来の光送信装置（例えば、図9の光送信装置90）と異なり、外部変調部103へと入力する電気信号（変調された高周波信号）の電力をそれほど大きくしなくても、光増幅部104の増幅率を高くすることによって、光信号の光変調度を十分に上げることができる。

【0042】ここで、参考のため、従来の光送信装置90において、外部変調部902の直後に光増幅部を設けた場合を考える。この場合、外部変調部902の動作点が図10の位置に設定されているので、外部変調部902からは、搬送波成分と側波帯とが出力される。従って、光増幅部では、搬送波成分と側波帯とが共に増幅されることとなり、光変調度は上がらない。

【0043】ところで、光送信装置10では、光増幅部104の増幅率を高くするだけで光信号の光変調度を容易に上げることができるので、光受信装置側で光信号を光電気変換したときに大きな電力の電気信号が得られるようになる一方、次のような問題が起こる。すなわち、光増幅部104の増幅率が高すぎて光信号の光変調度が100%を超えた場合に、光電気変換時クリッピングが生じて、得られる電気信号の特性が劣化する問題である。このため、光信号の光変調度が100%を超えないよう、光増幅部104の増幅率を、両側波帯のパワーが搬送波成分のパワー以下となるような値に設定することが好ましい。

【0044】最も好ましいのは、光増幅部104の増幅率を、両側波帯のパワーが搬送波成分のパワーと等しくなるような値に設定し、それによって、光信号の光変調度がちょうど100%となるようにすることである。なぜなら、その場合に、光信号を光電気変換したとき、特

性劣化のない電気信号としては最も電力の大きい電気信号が得られるからである。

【0045】なお、本実施形態は、例えばミリ波帯の高周波信号を用いた新たな無線通信システムへの適用が可能である。その場合、光受信装置にアンテナを設けて、高周波信号を空間に放射する。

【0046】ところで、一般に使用されている1.3 μ m帯の光信号用のシングルモードファイバを用いて1.5 μ m帯の光信号を伝送する場合、その光信号がミリ波帯程度の高周波信号で変調されたものであれば、波長分散による変調成分の消滅が数kmで生じることが、文献(U. Gliese, et al., "Chromatic dispersion in fibre-optic microwave and millimeter-wave links", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 44, No. 10, 1996)等に記されている。ここで、波長分散による変調成分の消滅とは、具体的には、次のような現象をいう。すなわち、光信号が光ファイバ中を伝搬していく際、上記の上側波帯および下側波帯の間に位相差が生じ、ついには逆相となる。このような位相関係において光受信装置が光信号を受信した場合、受光時に、光搬送波と上側波帯とのビート成分と、光搬送波と下側波帯とのビート成分とが互いに相殺され、その結果、信号（の変調成分）が消滅してしまう。以下に説明する第2の実施形態では、この波長分散による信号の消滅を防ぐことができるような光送信装置を開示する。

【0047】（第2の実施形態）図4は、本発明の第2の実施形態に係る光送信装置の構成を示すブロック図である。図4において、光送信装置20は、光源201、光分岐部202、外部変調部203、光増幅部204、2つの光合波部205aおよび205b、高周波発振器206、電気変調部207および光分離部208を備えている。なお、光送信装置20は、2本の光ファイバ21aおよび21bを介して2つの光受信装置（図示せず）と接続されており、各光受信装置へ、各光ファイバ(21a, 21b)を通じて光信号を送信する。

【0048】光源201は、光信号を出力する。光分岐部202は、光信号を3分岐する。高周波発振器206は、高周波信号を出力する。電気変調部207は、高周波信号を電気信号で変調する。外部変調部203は、光分岐部202が3分岐して得られた第1の光信号を、変調された高周波信号で変調する。光増幅部204は、変調された光信号を増幅する。光分離部208は、光増幅部204の出力から上側波帯と下側波帯とを抽出・分離して、各光合波部(205a, 205b)に与える。光合波部205aは、光分岐部202が3分岐して得られた第2の光信号と、増幅された光信号（ここでは、上側波帯）とを合波する。光合波部205bは、光分岐部2

02が3分岐して得られた第3の光信号と、増幅された光信号（ここでは、下側波帯）とを合波する。

【0049】図5は、図4の光送信装置20において、DおよびEの各点を伝送される光信号のスペクトラムを示す模式図である。以下、上記のように構成された光送信装置20が光信号を送信する動作を、図2（第1の実施形態参照）および図5を用いて説明する。図4の光送信装置20の動作は、原理的には、第1の実施形態で説明した図1の光送信装置10の動作と同様である。そこで、図1の装置と同様の動作については概略を説明するに止め、異なる動作についてのみ詳細に説明する。光送信装置20において、最初、高周波発振器206から高周波信号（副搬送波）が出力され、伝送されるべきベースバンド信号である電気信号と共に、電気変調部207に与えられる。電気変調部207は、与えられた高周波信号を電気信号で変調する。こうして変調された高周波信号が、外部変調部203に与えられる。

【0050】一方、光源201から、図2（1）に示すようなスペクトラムを持つ光信号（主搬送波）が出力される。周波数fcにおいて搬送波成分を有する光信号は、光分岐部202によって3分岐され、得られた第1の光信号が外部変調部203に、第2および第3の光信号は各光合波部（205a、205b）に与えられる。外部変調部203は、与えられた第1の光信号を、変調された高周波信号で強度変調する。

【0051】外部変調部203には、その光出力が最小となるようなバイアス電圧が加えられており、外部変調部203は、その電圧（動作点）を基準として強度変調動作を行う。外部変調部203の動作点は、図3を示すものと同様である。このとき、外部変調部203の出力は、図2（2）に示すようなスペクトラムを持つ光信号となる。すなわち、外部変調部203によって変調された光信号では、上記の搬送波成分が抑圧され、その左右において側波帯が生じている。

【0052】外部変調部203から出力された光信号は、光増幅部204によって増幅された後、光分離部208へと入力される。図6は、図4の光分離部208の構成を示すブロック図である。図6において、光分離部208は、光サーキュレータ2081およびファイバグレーティング2082を含む。ファイバグレーティング2082は、例えば円柱形状に形成された光学媒質に複数の回折格子を刻んだものであって、特定の帯域（ここでは、上記の上側波帯に相当する帯域）の信号を選択的に通過させ、かつ他の帯域の信号を反射する性質を有する光学部品である。

【0053】光分離部208へと入力された光信号は、光サーキュレータ2081を通過して、ファイバグレーティング2082に到達する。ファイバグレーティング2082に到達した光信号（上側波帯および下側波帯）のうち上側波帯がそこを透過し、下側波帯は反射され

る。従って、透過された上側波帯は、光合波部205a側に出力され、反射された下側波帯は、再び光サーキュレータ2081を通過して、光合波部205b側に出力される。

【0054】光合波部205aは、光分離部208を通じて入力された光信号（上側波帯）と、光分岐部202から与えられた上記第2の光信号（搬送波成分）とを合波して、光ファイバ21a中に送出する。このとき、光合波部205aの出力は、図5（1）に示すようなスペクトラムを持つ光信号となる。一方、光合波部205bは、光分離部208を通じて入力された光信号（下側波帯）と、光分岐部202から与えられた上記第3の光信号（搬送波成分）とを合波して、光ファイバ21b中に送出する。このとき、光合波部205bの出力は、図5（2）に示すようなスペクトラムを持つ光信号となる。

【0055】すなわち、光ファイバ21aを通じて送信される光信号には、上記の搬送波成分と増幅された上側波帯とが含まれ、光ファイバ21bを通じて送信される光信号には、上記の搬送波成分と増幅された下側波帯とが含まれている。こうして光送信装置20から送信された2つの光信号は、各光受信装置へと到達する。各光受信装置では、到達した光信号を光電気変換する処理が行われる。

【0056】以上のように、光送信装置20では、従来の光送信装置と異なり、外部変調部203へと入力する電気信号（変調された高周波信号）の電力をそれほど大きくしなくても、光増幅部204の増幅率を高くすることによって、光信号の光変調度を十分に上げることができる。

【0057】また、光送信装置20では、図1の光送信装置10と異なり、上側波帯と下側波帯とを別々の光ファイバ（21a、21b）を通じて送信することができるので、光ファイバ中を伝搬する両側波帯の位相が互いに反転して受光時に信号が消滅する不都合がなくなる。

【0058】なお、本実施形態は、例えばミリ波帯の高周波信号を用いた新たな無線通信システムへの適用が可能である。その場合、光受信装置にアンテナを設けて、高周波信号を空間に放射する。

【0059】さて、第2の実施形態では、上側波帯および下側波帯を、それぞれ搬送波成分と合波して送信したが、代わりに、上側波帯および下側波帯のいずれか一方を搬送波成分と合波して送信し、他方を搬送波成分と合波せずにそのまま送信することもできる。それによって、高周波信号とベースバンド信号との同時伝送が可能となる。以下に説明する第3の実施形態では、高周波信号およびベースバンド信号を同時に伝送するような光伝送システムを開示する。

【0060】（第3の実施形態）図7は、本発明の第3の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。図7において、光伝送システムは、光送信装

10

20

30

40

50

置30および2つの光受信装置32aおよび32bを備えている。光送信装置30は、光源301、光分岐部302、外部変調部303、光増幅部304、光合波部305、高周波発振器306、電気変調部307および光分離部308を含む。光受信装置32aは、光電気変換部321aを含む。光受信装置32bは、光電気変換部321bを含む。光送信装置30は、2本の光ファイバ31aおよび31bを介して2つの光受信装置32aおよび32bと接続されており、各光受信装置(32a, 32b)へ、各光ファイバ(31a, 31b)を通じて10 光信号を送信する。

【0061】光送信装置30において、光源301は、光信号を出力する。光分岐部302は、光信号を2分岐する。高周波発振器306は、高周波信号を出力する。電気変調部307は、高周波信号を電気信号で変調する。外部変調部303は、光分岐部302が2分岐して得られた一方の光信号を、変調された高周波信号で変調する。光増幅部304は、変調された光信号を増幅する。光分離部308は、光増幅部304の出力から上側波帯と下側波帯とを抽出・分離して、上側波帯および下側波帯のいずれか一方(ここでは下側波帯)を光合波部305に与え、他方(ここでは上側波帯)を光ファイバ31aへと送出する。光合波部305は、光分岐部302が2分岐して得られた他方の光信号と、増幅された光信号(下側波帯)とを合波して光ファイバ31bへと送出する。

【0062】光受信装置32aにおいて、光電気変換部321aは、光ファイバ31aを通じて送られてきた光信号(上側波帯だけを含むベースバンド信号)を光電気変換する。一方、光受信装置32bにおいて、光電気変換部321bは、光ファイバ31bを通じて送られてきた光信号(搬送波成分および下側波帯を含む高周波信号)を光電気変換する。

【0063】以下、上記のように構成された光伝送システムにおいて、光送信装置30が2つの光受信装置32aおよび32bへと光信号を送信する動作を、図2(第1の実施形態参照)および図5(第2の実施形態参照)を用いて説明する。図7の光送信装置30の動作は、上側波帯および下側波帯のいずれか一方を搬送波成分と合波して送信し、他方を搬送波成分と合波せずにそのまま送信する点を除き、第2の実施形態で説明した図4の光送信装置20の動作と同様である。そこで、図4の装置と同様の動作については概略を説明するに止め、異なる動作についてのみ詳細に説明する。光送信装置30において、最初、高周波発振器306から高周波信号(副搬送波)が出力され、伝送されるべきベースバンド信号である電気信号と共に、電気変調部307に与えられる。電気変調部307は、与えられた高周波信号を電気信号で変調する。こうして変調された高周波信号が、外部変調部303に与えられる。

【0064】一方、光源301から、図2(1)に示すようなスペクトラムを持つ光信号(主搬送波)が出力される。周波数 f_c において搬送波成分を有する光信号は、光分岐部302によって2分岐され、得られた一方の光信号が外部変調部303に、他方の光信号は光合波部305に与えられる。外部変調部303は、与えられた一方の光信号を、変調された高周波信号で強度変調する。

【0065】外部変調部303には、その光出力が最小となるようなバイアス電圧が加えられており、外部変調部303は、その電圧(動作点)を基準として強度変調動作を行う。外部変調部303の動作点は、図3を示すものと同様である。このとき、外部変調部303の出力は、図2(2)に示すようなスペクトラムを持つ光信号となる。すなわち、外部変調部303によって変調された光信号では、上記の搬送波成分が抑圧され、その左右において側波帯が生じている。

【0066】外部変調部303から出力された光信号は、光増幅部304によって増幅された後、光分離部308へと入力される。光分離部308は、図6に示すものと同様の構成を有する。すなわち、光分離部308には、特定の帯域(ここでは、上記の上側波帯に相当する帯域)の信号を選択的に通過させ、かつ他の帯域の信号を反射するファイバグレーティングと光サーキュレータとが含まれている。従って、光分離部308からは、光信号(上側波帯および下側波帯)のうち下側波帯が光合波部305側に出力され、上側波帯が光ファイバ31a中に出力される。

【0067】光合波部305は、光分離部308を通じて入力された光信号(下側波帯)と、光分岐部302から与えられた上記他方の光信号(搬送波成分)とを合波して、光ファイバ31b中に送出する。このとき、光合波部305の出力は、図5(2)に示すようなスペクトラムを持つ光信号となる。

【0068】すなわち、光ファイバ31aを通じて送信される光信号には、増幅された上側波帯が含まれ、光ファイバ31bを通じて送信される光信号には、上記の搬送波成分と増幅された下側波帯とが含まれている。こうして光送信装置30から送信された2つの光信号は、各光受信装置(32a, 32b)へと到達する。光受信装置32aでは、光電気変換部321aが、到達した光信号(ベースバンド信号)を光電気変換する。一方、光受信装置32bでは、光電気変換部321bが、到達した光信号(高周波信号)を光電気変換する。

【0069】なお、光電気変換部321bでクリッピングが生じるのを防ぐために、光増幅部304の増幅率は、増幅された下側波帯の光パワーが上記の搬送波成分のパワーを超えないような値とするのが好ましい。最も好ましいのは、光増幅部304の増幅率を、増幅された下側波帯の光パワーが上記の搬送波成分のパワーと等し

くなるような値に設定し、それによって、光信号の光変調度がちょうど100%となるようにすることである。なぜなら、その場合に、光信号を光電気変換したとき、特性劣化のない電気信号としては最も電力の大きい電気信号が得られるからである。

【0070】以上のように、光送信装置30では、従来の光送信装置と異なり、外部変調部303へと入力する電気信号（変調された高周波信号）の電力をそれほど大きくしなくても、光増幅部304の増幅率を高くすることによって、光信号の光変調度を十分に上げることができる。

【0071】また、光送信装置30では、図1の光送信装置10と異なり、上側波帯と下側波帯とを別々の光ファイバ（31a, 31b）を通じて送信することができるので、光ファイバ中を伝搬する両側波帯の位相が互いに反転して受光時に信号が消滅する不都合がなくなる。

【0072】さらには、光送信装置30では、図4の光送信装置20と異なり、上側波帯および下側波帯のいずれか一方を搬送波成分と合波して送信し、他方を搬送波成分と合波せずにそのまま送信するので、高周波信号とベースバンド信号との同時伝送が可能となる。

【0073】なお、本実施形態は、例えばミリ波帯の高周波信号を用いた新たな無線通信システムへの適用が可能である。その場合、光電気変換部321bにアンテナを接続して、高周波信号を空間に放射する。一方、光電気変換部321aからはデジタルデータが得られるので、パソコンを接続してデータ通信を行うことができる。

【0074】さて、以下に説明する第4の実施形態では、第1の実施形態で開示した光送信装置10と組み合わせることで、第3の実施形態と同様の、高周波信号とベースバンド信号との同時伝送を行えるような光伝送システムを実現する光受信装置を開示する。

【0075】（第4の実施形態）図8は、本発明の第4の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。図8において、光伝送システムは、光送信装置10および光受信装置12を備えている。光送信装置10は、図1の光送信装置10と同様のものである。光送信装置10は、光ファイバ11を介して光受信装置12と接続されており、光受信装置12へ、光ファイバ11を通じて光信号を送信する。

【0076】光受信装置12は、光分離部121、2つの光電気変換部122aおよび122bを含む。光分離部121は、光ファイバ11を通じて送られてきた光信号から搬送波成分、上側波帯および下側波帯を抽出して、上側波帯および下側波帯のうち一方の側波帯と、他方の側波帯および搬送波成分とに分離し、一方の側波帯（ここでは、上側波帯）を光電気変換部122aに与え、他方の側波帯（ここでは、下側波帯）および搬送波成分を光電気変換部122b部に与える。2つの光電気変

換部122aおよび122bの基本的な動作は、第3の実施形態で説明したものと同様である。すなわち、光電気変換部122aは、与えられた光信号（上側波帯だけを含むベースバンド信号）を光電気変換する。光電気変換部122bは、与えられた光信号（搬送波成分および下側波帯を含む高周波信号）を光電気変換する。

【0077】上記のように構成された光伝送システムにおいて、光送信装置10が光受信装置12へと光信号を送信する動作は、第1の実施形態で説明したものと同等なので説明を省略し、以下、光受信装置12の受信動作だけを説明する。

【0078】光受信装置12へと到達した光信号は、光分離部121へと入力される。光分離部121は、図6に示すものと同様の構成を有する。すなわち、光分離部121には、特定の帯域（ここでは、上記の上側波帯に相当する帯域）の信号を選択的に通過させ、かつ他の帯域の信号を反射するファイバグレーティングと光サーキュレータとが含まれている。従って、光分離部121からは、光信号（搬送波成分、上側波帯および下側波帯）のうち上側波帯が光電気変換部122a側に出力され、搬送波成分および下側波帯が光電気変換部122b側に出力される。

【0079】光電気変換部122aは、与えられた光信号（ベースバンド信号）を光電気変換する。一方、光電気変換部122bは、与えられた光信号（高周波信号）を光電気変換する。

【0080】以上のように、光送信装置10では、従来の光送信装置と異なり、外部変調部303へと入力する電気信号（変調された高周波信号）の電力をそれほど大きくしなくても、光増幅部304の増幅率を高くすることによって、光信号の光変調度を十分に上げることができる。

【0081】また、光受信装置12では、送られてきた光信号から上側波帯および下側波帯の一方の側波帯と搬送波成分とを抽出して光電気変換し、高周波信号を得ている。また、他方の側波帯を光電気変換して、ベースバンド信号を得ている。従って、結果として、第3の実施形態同様、高周波信号とベースバンド信号との同時伝送が可能となる。

【0082】なお、本実施形態は、例えばミリ波帯の高周波信号を用いた新たな無線通信システムへの適用が可能である。その場合、光電気変換部122bにアンテナを接続して、高周波信号を空間に放射する。一方、光電気変換部122aからはデジタルデータが得られるので、パソコンを接続してデータ通信を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光送信装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1の光送信装置10において、A～Cの各点

を伝送される光信号のスペクトラムを示す模式図である。

【図3】図1の外部変調部103の動作点を示す図である。

【図4】本発明の第2の実施形態に係る光送信装置の構成を示すブロック図である。

【図5】図4の光送信装置20において、DおよびEの各点を伝送される光信号のスペクトラムを示す模式図である。

【図6】図4の光分離部208の構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の第3の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の第4の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図9】外部変調方式を用いた従来の光伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図10】図9の外部変調部902の動作点を示す図である。

【図11】図9の光電気変換部921に与える光信号の光変調度と光電気変換後の信号電力との関係を示す図で*

*ある。

【図12】図9の光電気変換部921に与える光信号の光パワーと光電気変換後の信号電力との関係を示す図である。

【図13】図9の外部変調部902への入力信号のレベルと、そこから出力される光信号の光変調度との関係を示す図である。

【符号の説明】

10, 20, 30 光送信装置

11, 21a, 21b, 31a, 31b 光ファイバ

12, 32a, 32b 光受信装置

101, 201, 301 光源

102, 202, 302 光分岐部

103, 203, 303 外部変調部

104, 204, 304 光増幅部

105, 205a, 205b, 305 光合波部

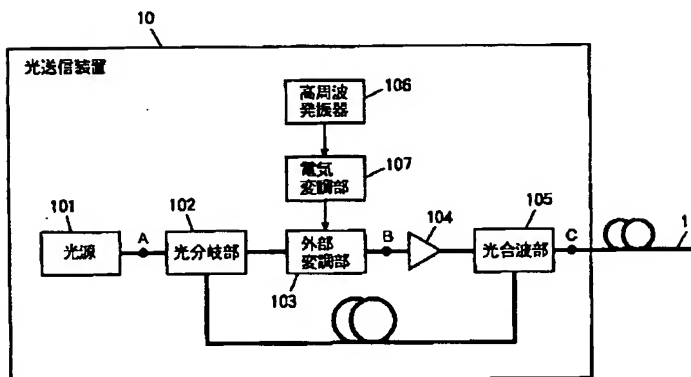
106, 206, 306 高周波発振器

107, 207, 307 電気変調部

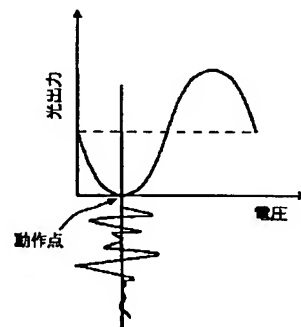
121, 208, 308 光分離部

122a, 122b, 321a, 321b 光電気変換部

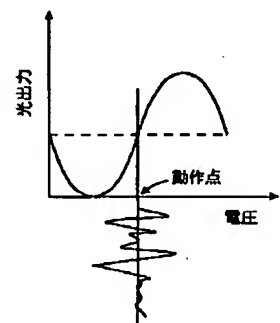
【図1】



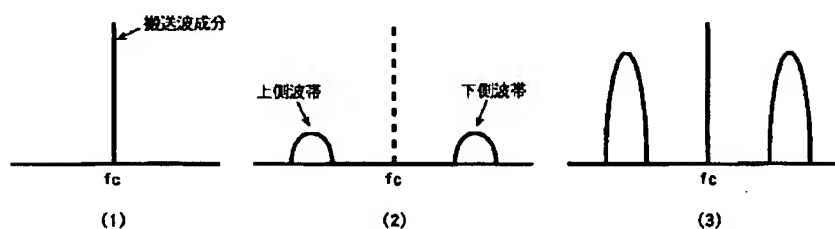
【図3】



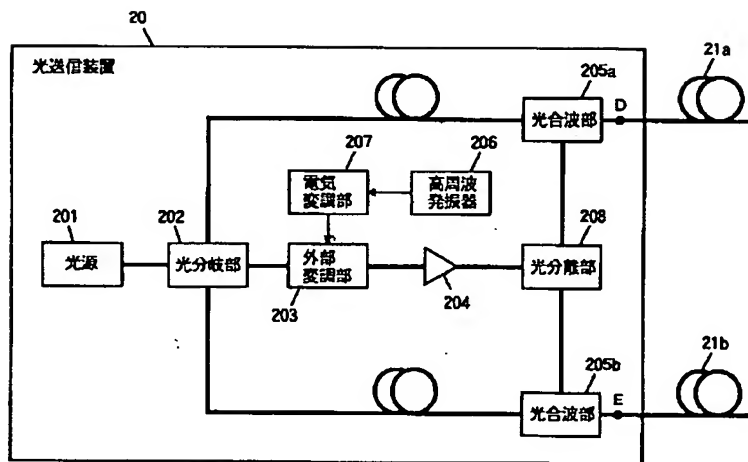
【図10】



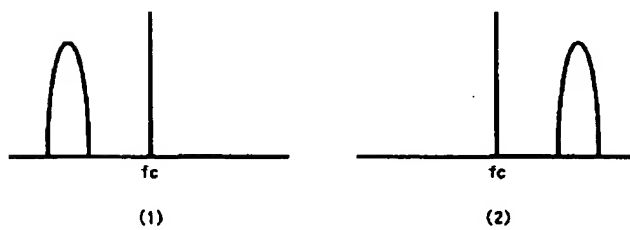
【図2】



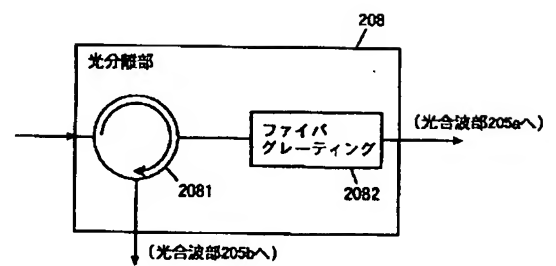
【図4】



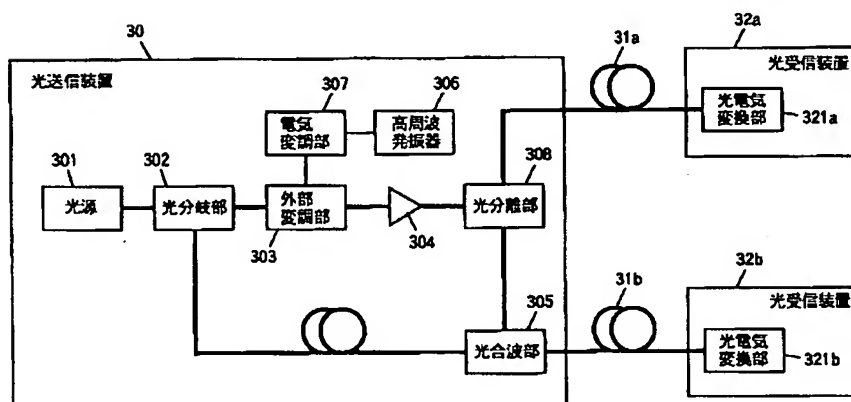
【図5】



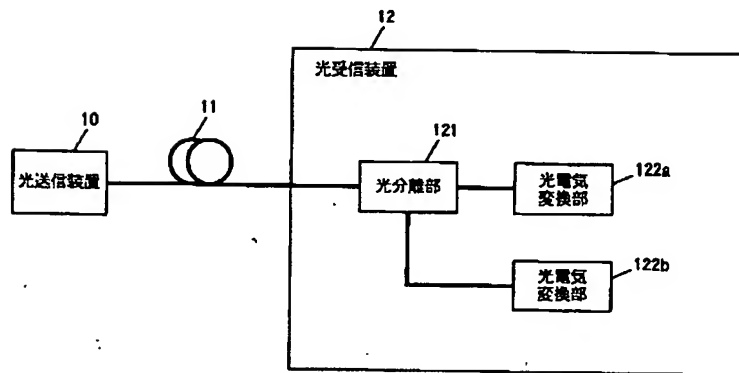
【図6】



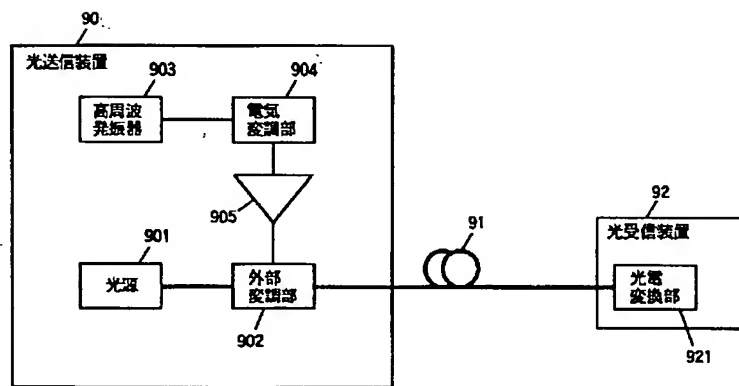
【図7】



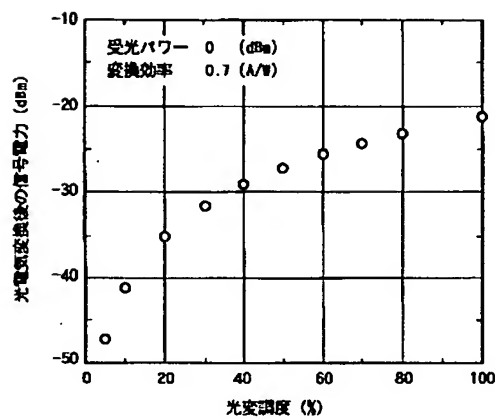
【図8】



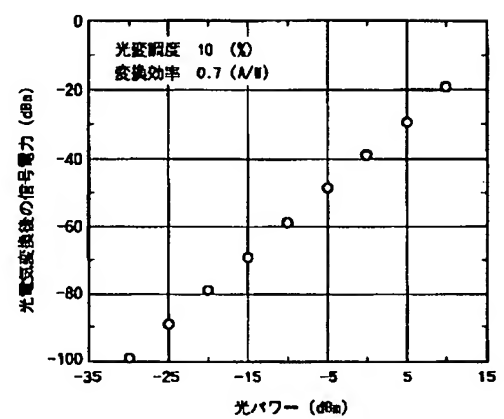
【図9】



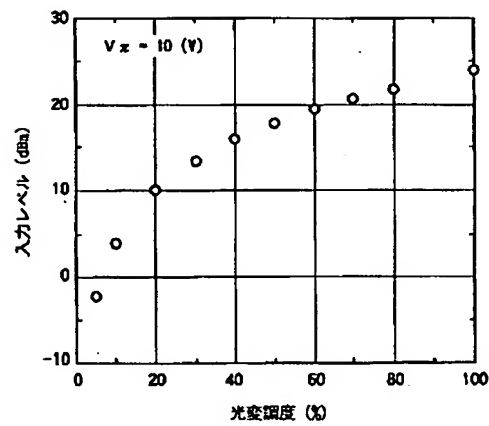
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

H 0 4 B 10/26

10/14

識別記号

F I

テーム (参考)

(72)発明者 前田 和貴

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 森倉 晋

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 布施 優

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

F ターム (参考) 5K002 AA02 BA05 BA21 CA13 CA14
CA16 FA01

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第3区分

【発行日】平成17年10月27日(2005.10.27)

【公開番号】特開2000-91999(P2000-91999A)

【公開日】平成12年3月31日(2000.3.31)

【出願番号】特願平10-259009

【国際特許分類第7版】

H O 4 B 10/152

H O 4 B 10/142

H O 4 B 10/04

H O 4 B 10/06

H O 4 B 10/28

H O 4 B 10/26

H O 4 B 10/14

【F I】

H O 4 B 9/00 L

H O 4 B 9/00 Y

【手続補正書】

【提出日】平成17年9月5日(2005.9.5)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0076

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0076】

光受信装置12は、光分離部121、2つの光電気変換部122aおよび122bを含む。光分離部121は、光ファイバ11を通じて送られてきた光信号から搬送波成分、上側波帯および下側波帯を抽出して、上側波帯および下側波帯のうち一方の側波帯と、他方の側波帯および搬送波成分とに分離し、一方の側波帯（ここでは、上側波帯）を光電気変換部122aに与え、他方の側波帯（ここでは、下側波帯）および搬送波成分を光電気変換部122bに与える。2つの光電気変換部122aおよび122bの基本的な動作は、第3の実施形態で説明したものと同様である。すなわち、光電気変換部122aは、与えられた光信号（上側波帯だけを含むベースバンド信号）を光電気変換する。光電気変換部122bは、与えられた光信号（搬送波成分および下側波帯を含む高周波信号）を光電気変換する。